

Desempenho Produtivo e Acumulação de Nitrogênio pelo Arroz Irrigado por Inundação e Aspersão



ISSN 1678-2518

Dezembro, 2013

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Clima Temperado
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 182

Desempenho Produtivo e Acumulação de Nitrogênio pelo Arroz Irrigado por Inundação e Aspersão

Walkyria Bueno Scivittaro

José Maria Barbat Parfitt

Elsa Kuhn Klumb

Pricila Santos da Silva

Gabriela Santos Mattos

Pelotas, RS

2013

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Clima Temperado

Endereço: BR 392 Km 78

Caixa Postal 403, CEP 96010-971 - Pelotas, RS

Fone: (53) 3275-8267

Home page: www.cpact.embrapa.br

E-mail: cpact.sac@embrapa.br

Comitê Local de Publicações

Presidente: *Ariano Martins de Magalhães Júnior*

Secretária-Executiva: *Bárbara Chevallier Cosenza*

Membros: *Márcia Vizzotto, Ana Paula Schneid Afonso, Giovani Theisen, Luis Antônio Suíta de Castro, Flávio Luiz Carpena Carvalho.*

Suplentes: *Isabel Helena Vernetti Azambuja, Beatriz Marti Emygdio*

Supervisão editorial: *Antônio Luiz Oliveira Heberlé*

Revisão de texto: *Ana Luíza Barragana Viegas*

Normalização bibliográfica: *Fábio Lima Cordeiro*

Editoração eletrônica e capa: *Renata Abreu Serpa* (estagiária)

1ª edição

1ª impressão (2013): 30 exemplares

Todos os direitos reservados

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei no 9.610).

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Embrapa Clima Temperado**

Desempenho produtivo e acumulação de nitrogênio pelo arroz irrigado por inundação e aspersão/Walkyria Bueno Scivittaro et al. – Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2013.

23 p. (Embrapa Clima Temperado. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 1678-2518, 182)

1. *Oryza sativa* L. 2. Irrigação por aspersão. 3. Manejo de água. 4. Nutrição. I. Scivittaro, Walkyria Bueno. II. Parfitt, José Maria Barbat. III. Klumb, Elsa Kuhn. IV. Silva, Pricila Santos da. V. Mattos, Gabriela Santos. VI. Série.

CDD 633.18

© Embrapa 2013

Sumário

Resumo	5
Abstract	7
Introdução	9
Material e Métodos	11
Resultados e Discussões	13
Conclusões	20
Referências	20

Desempenho Produtivo e Acumulação de Nitrogênio pelo Arroz Irrigado por Inundação e Aspersão

Walkyria Bueno Scivittaro¹

José Maria Barbat Parfitt²

Elsa Kuhn Klumb³

Pricila Santos da Silva⁴

Gabriela Santos Mattos⁴

Resumo

O sistema de irrigação por aspersão constitui-se em alternativa ao tradicional sistema de irrigação por inundação do solo, utilizado na produção de arroz no Sul do Brasil, facilitando o manejo da cultura e proporcionando grande economia de água à lavoura. O método de irrigação por aspersão interfere no desempenho produtivo e absorção de nutrientes pelo arroz, sendo necessárias adequações no manejo da cultura para otimização da produtividade. Este trabalho teve por objetivo avaliar o efeito de sistemas de irrigação e manejos da água sobre o desempenho produtivo e acumulação de nitrogênio pelo arroz. O experimento foi realizado na safra agrícola 2011/2012, em Planossolo Háplico, na Embrapa Clima Temperado, no Capão do Leão, RS, utilizando-se a cultivar de arroz irrigado BRS Querência. Estabeleceram-se dois manejos da água para o sistema inundado: irrigação por inundação com manutenção de lâmina de água média de 7,5 cm; e irrigação por inundação com manutenção do solo saturado (lâmina inferior a 1 cm) e três manejos para o arroz irrigado por

¹ Engenheiro-agrônomo, D.Sc., pesquisadora da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, walkyria.scivittaro@embrapa.br.

² Engenheiro-agrícola, D.Sc., pesquisador da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, jose.parfitt@embrapa.br.

³ Acadêmica de Ciências Biológicas da UCPel, Pelotas, RS, elsakk91@yahoo.com.br.

⁴ Acadêmica de Agronomia da Faem-Ufpel, Pelotas, RS, pricilassilva@hotmail.com, mattos_gabi@yahoo.com.br.

aspersão (sistema linear): irrigação por aspersão quando a tensão de água no solo atingia 20 kPa; irrigação por aspersão quando a tensão de água no solo atingia 40 kPa, na fase vegetativa, e 20 kPa, na fase reprodutiva; e irrigação por aspersão quando a tensão de água no solo atingia 40 kPa. Avaliou-se a produção de matéria seca e a absorção de nitrogênio pelo arroz nos estádios de oito folhas, diferenciação da panícula, antese e maturação. A irrigação por inundação, especialmente com manutenção de lâmina de água, condiciona maior produção das plantas de arroz, relativamente à irrigação por aspersão, nas fases vegetativa e reprodutiva. Para o arroz irrigado por aspersão, o manejo da água pode contemplar fornecimento diferenciado de água nas fases vegetativa e reprodutiva, devendo ser maior na fase reprodutiva, quando a demanda hídrica da cultura é mais alta. O sistema de irrigação / manejo da água influencia a absorção de nitrogênio pelo arroz. As variações na absorção de nitrogênio pelo arroz estão associadas, preponderantemente, à produção de matéria seca da cultura.

Palavras-chave: *Oryza sativa* L., irrigação por aspersão, manejo de água, nutrição.

Productive Performance and Nitrogen Accumulation of Rice Irrigated with Sprinkler and Flood Systems

Abstract

The sprinkler irrigation system constitutes an alternative to conventional flood irrigation used in rice production in southern Brazil. The sprinkler irrigation for rice facilitates crop management and provides great savings to farming. This method of irrigation interferes with rice productive performance and nutrient uptake, and it could require adjustments in crop management to optimize grain yield. This study aimed to evaluate the effect of irrigation systems and water managements on productive performance and nitrogen accumulation by rice. The experiment was carried out during the 2011/2012 growing season, in a Typic Albaqualf, at the Lowland Experimental Station of the Embrapa Temperate Agriculture, in Capão do Leão, state of Rio Grande do Sul, Brazil. It was used lowland rice cultivar BRS Querência. The treatments comprised two water managements for flooded system (flood irrigation with maintenance of an average water depth of 7.5 cm; and flood irrigation with maintenance of saturated soil (water depth < 1.0 cm); and three water managements for rice sprinkler irrigation (linear move system) sprinkler irrigation when soil water tension reached 20 kPa; sprinkler irrigation when soil water tension reached 40 kPa, in the vegetative phase, and 20 kPa, in the reproductive phase; and sprinkler irrigation when soil water tension reached 40 kPa. We evaluated the dry matter yield and N uptake of rice at eight leaves, panicle differentiation, anthesis and maturation stages. Flood irrigation,

especially with water depth maintenance, increased production of rice plants in the vegetative and reproductive phases, comparing to sprinkler irrigation. For rice sprinkler irrigation, water management may include differential water provision in vegetative and reproductive phases, being stronger in the reproductive phase, when the crop water demand is highest. Both system of irrigation and water management influences nitrogen uptake by rice. Variations in nitrogen uptake by rice are predominantly associated to the dry matter production of the crop.

Index terms: *Oryza sativa* L., sprinkler irrigation system, water management, nutrition.

Introdução

No Rio Grande do Sul, as áreas de terras baixas contribuem significativamente para a produção nacional de grãos, em especial de arroz, cultivado, predominantemente, no sistema irrigado por inundação contínua. Os sistemas de cultivo diferenciam-se quanto à forma e preparo do solo, ao método de semeadura e ao manejo da água, sendo: sistema convencional, cultivo mínimo (preparo antecipado do solo e semeadura direta), plantio direto, pré-germinado (áreas planas e sistematizadas) e transplante de mudas (SOSBAI, 2012). Na safra 2009/10, predominou o cultivo mínimo (63,7% da área), seguido dos sistemas convencional (25,6% da área) e pré-germinado (10,7% da área) (IRGA, 2010).

O relevo das terras baixas do Rio Grande do Sul é diversificado, variando desde muito plano (declividade inferior a 0,2%) a suave ondulado (declividade variando entre 2% e 5%). As áreas com maior declividade ocorrem em todas as regiões orizícolas do Estado, sendo mais frequentes, porém, na Fronteira Oeste. Nas áreas mais onduladas, o método de irrigação por inundação contínua dificulta o manejo da lavoura, particularmente as operações de semeadura, colheita e irrigação, em razão da grande quantidade de taipas necessárias ao controle adequado da água. Tal fato, associado à preocupação crescente do setor produtivo com a redução no uso da água pelo arroz, tem estimulado a busca de métodos alternativos de irrigação para arroz, dentre os quais se destaca o de aspersão no sistema pivô-central, que facilita o manejo da cultura e proporciona grande economia de água à lavoura (PARFITT et al., 2011).

Estima-se que o uso de água pelo arroz irrigado por aspersão no sistema de pivô central em lavouras comerciais do Estado seja de aproximadamente 550 mm por ciclo (5,5 mil m³ ha⁻¹) (CONCENÇO et al., 2009b; PARFITT et al., 2011), enquanto que o sistema inundado utiliza, em média, 8 a 10 mil m³ ha⁻¹ (SOSBAI, 2012). O aumento da eficiência de uso da água por si só representa uma grande vantagem do sistema de irrigação por aspersão, possibilitando, por exemplo, quase que triplicar a área irrigada em um sistema de produção arroz-

soja, com o mesmo volume de água utilizado pelo método de irrigação por inundação contínua no arroz. Nesse sentido, análises econômicas preliminares mostram a viabilidade do método de irrigação por aspersão (CONCENÇO et al., 2009a), particularmente na Fronteira Oeste do estado, região em que o arroz apresenta potencial de produtividade elevado, mas com maior limitação quanto à disponibilidade de recursos hídricos, condição que, em alguns anos, restringe a área de cultivo (GOMES et al., 2008a; 2008b). Para as demais regiões orizícolas do Estado, ainda não se dispõe de informações sobre a viabilidade do sistema de irrigação por aspersão para o arroz.

As produtividades de arroz obtidas no sistema de irrigação por aspersão variam com o local e as práticas de manejo da cultura, normalmente não atingindo os patamares obtidos em lavouras irrigadas por inundação do solo. Este aspecto constituiu-se em limitante à expansão do método de irrigação por aspersão para o arroz no Rio Grande do Sul, sendo demandadas pesquisas que fundamentem a adequação do manejo da cultura e dos recursos naturais nesse novo modelo de produção, visando à otimização do desempenho produtivo da cultura. Nesse sentido, o conhecimento do potencial de absorção de nitrogênio pelo arroz irrigado por aspersão assume papel preponderante, uma vez que o nitrogênio é o nutriente requerido em maior quantidade pela cultura, proporcionando os maiores retornos em produtividade (SLATON et al., 1994). No entanto, a eficiência agronômica do nitrogênio em sistemas de cultivo de arroz irrigado é bastante variável, devido à complexa interação de fatores que determinam seu aproveitamento pela cultura (FILLERY et al., 1984).

Em sistemas inundados, a dinâmica do nitrogênio é diferenciada; quando na forma nítrica, o nutriente fica sujeito a perdas por desnitrificação (VAHL; SOUSA, 2004) e, ocasionalmente, por lixiviação. Em decorrência, a disponibilidade de nitrogênio para o arroz pode ser reduzida pela inundação do solo, embora o nitrogênio na forma amoniacal seja mantido no solo em condições de redução (BEYROUTY et al., 1994). Contrariamente, em sistemas irrigados por aspersão, pela manutenção de condição de solo oxidado durante a maior parte do ciclo de cultivo do arroz, a forma nítrica é predominante,

de maneira que a desnitrificação e a lixiviação consituem-se nas principais vias de perda de nitrogênio do sistema. Adicionalmente, as perdas de nitrogênio por volatilização de amônia assumem maior importância no sistema irrigado por aspersão, uma vez que o íon amônio é produto intermediário das reações da ureia no solo, a qual é a principal fonte de nitrogênio para o arroz.

As especificidades e distinções dos sistemas de produção de arroz irrigado por inundação do solo e por aspersão requerem o estabelecimento de manejos diferenciados do fertilizante nitrogenado, visando à otimização do uso de nitrogênio para a cultura.

Pelo exposto, realizou-se o presente trabalho, que teve por objetivo avaliar a influência do sistema de irrigação/manejo da água sobre o desempenho produtivo e acumulação de nitrogênio pelo arroz na região sul do Rio Grande do Sul, com vistas a verificar a necessidade de adequação do manejo da adubação nitrogenada para o sistema arroz irrigado por aspersão.

Material e Métodos

O experimento foi realizado na safra 2011/2012, em duas áreas adjacentes, com mesmo solo, Planossolo Háplico (SANTOS et al., 2006), na Estação Experimental Terras Baixas da Embrapa Clima Temperado, no Capão do Leão, RS. Uma área abrigou os tratamentos de irrigação por inundação do solo e a outra, aqueles de irrigação por aspersão, em sistema linear. Por ocasião da implantação do experimento, a interpretação dos resultados da análise química do solo indicou, respectivamente, teores de matéria orgânica, fósforo disponível e potássio extraível no solo baixo, alto e alto, para a área irrigada por inundação, e teores baixo, médio e médio, para a área irrigada por aspersão (SOCIEDADE..., 2004).

Na área irrigada por inundação foram estabelecidos dois manejos da água para o arroz: M1- irrigação por inundação com manutenção de lâmina de água média de 7,5 cm no período compreendido entre os estádios de quatro folhas (V4) e maturação de colheita (R9) e M2- irrigação por inundação com manutenção do solo saturado (lâmina

inferior a 1 cm) entre V4 e R9. Já no sistema irrigado por aspersão foram avaliados três manejos da água para o arroz: M3- irrigação por aspersão sempre que a tensão de água no solo atingia 20 kPa durante todo o ciclo da cultura, ou seja da emergência (E) à maturação de colheita (R9); M4- irrigação por aspersão sempre que a tensão de água no solo atingia 40 kPa, durante a fase vegetativa, ou seja, da emergência (E) até a diferenciação da panícula (R1), e sempre que a tensão de água no solo atingia 20 kPa, durante a fase reprodutiva, ou seja, de R1 a R9; e M5- irrigação por aspersão sempre que a leitura média da tensão de água no solo atingia 40 kPa da E a R9.

No sistema de irrigação por aspersão, o acompanhamento da tensão de água do solo foi feito por meio de dez sensores *watermark*[®], instalados na camada de 0 a 10 cm de profundidade. Nas irrigações, aplicaram-se lâminas de água de 6 mm, na fase vegetativa, e de 9 mm, na fase reprodutiva. No sistema inundado com manutenção de lâmina de água, o controle da necessidade de irrigação foi determinado pela leitura diária da altura da lâmina de água, procedendo-se irrigação sempre que a redução na altura da lâmina era superior a 1 cm. No tratamento com manutenção de solo saturado, as irrigações foram realizadas, periodicamente, evitando-se a formação de lâmina de água.

Em ambas as áreas, o manejo da adubação foi estabelecido a partir dos resultados da análise de solo e das exigências nutricionais do arroz irrigado (SOSBAI, 2010), consistindo na aplicação de 350 e 250 kg ha⁻¹ da formulação 5-20-20 para os sistemas irrigados por aspersão e por inundação, respectivamente. Esse fertilizante foi aplicado a lance e incorporado com grade, na área sob irrigação por inundação e, de forma localizada, nos sulcos de semeadura, na área irrigada por aspersão.

A semeadura do arroz, cultivar BRS Querência, foi realizada na primeira semana de novembro, utilizando-se sistema convencional de preparo do solo, para o arroz irrigado por inundação, e plantio direto sobre resteva de vegetação espontânea, para o arroz irrigado por aspersão. Utilizou-se um espaçamento entre linhas de 20 cm e 100 kg ha⁻¹ de sementes viáveis. Para o acompanhamento dos estádios de desenvolvimento das plantas, utilizou-se, como referência, a escala de Counce et al. (2000).

Os demais tratos culturais seguiram indicações da SOSBAI (2010).

Em ambas as áreas experimentais, foram realizadas amostragens de plantas para a determinação da produção de matéria seca da parte aérea das plantas de arroz nos estádios de oito folhas (V8); diferenciação da panícula (R1); antese (R4); e maturação de colheita (R9). Esta atividade consistiu na coleta, de cinco amostras por sistema de irrigação / manejo da água, da parte aérea das plantas de duas linhas de 0,5 m de comprimento. O material vegetal colhido foi secado em estufa até massa constante e pesado para avaliação da produção de massa seca. Na coleta realizada na maturação, o material vegetal foi separado em colmos e folhas e grãos. Em todas as épocas de coleta, subamostras do material vegetal foram analisadas para a determinação do teor de nitrogênio (FREIRE, 2001). Com base nesses resultados e nos dados de produção de matéria seca, determinaram-se as quantidades de nitrogênio acumuladas na parte aérea das plantas de arroz.

Os dados relativos a cada época de avaliação foram submetidos à análise de variância e, quando significativa ao nível de 5%, procedeu-se à comparação das médias de sistemas de irrigação / manejo da água para o arroz pelo teste de Tukey a 5%.

Resultados e Discussão

Os resultados de produção de matéria seca da parte aérea das plantas de arroz em diferentes fases de desenvolvimento da cultura são apresentados na Tabela 1. Independentemente do estágio de desenvolvimento, a irrigação por aspersão proporcionou menor produção de matéria seca das plantas, relativamente aos manejos com irrigação por inundação. Verifica-se, ainda, que o sistema de irrigação por inundação com manutenção de lâmina de água condicionou maior produção de matéria seca relativamente ao manejo com solo saturado, exceção feita para o estágio de antese, em que ambos os manejos com irrigação por inundação proporcionaram produções de matéria seca semelhantes. Esse resultado mostra que a presença de lâmina de água

favorece o desenvolvimento e produção de matéria seca das plantas de arroz, confirmando observações de Scivittaro e Gonçalves (2011). As variações na produção de matéria seca decorrentes do manejo da água para o arroz irrigado por aspersão foram menores, determinando-se diferenças significativas, apenas, a partir da antese (estádio R4). Destacou-se, pelo bom desempenho, o tratamento com variação na tensão de água do solo entre as fases vegetativa e reprodutiva (40 kPa/20 kPa), sugerindo a possibilidade de utilizar-se maior tensão de água no solo durante a fase vegetativa, quando a necessidade de água do arroz é menor (GOMES et al., 2004).

Tabela 1. Produção de matéria seca da parte aérea das plantas de arroz em função do manejo da irrigação. Avaliações realizadas nos estádios de oito folhas (V8), diferenciação da panícula (R1); antese (R4) e maturação de colheita (R9). Embrapa Clima Temperado. Capão do Leão, RS. Safra 2011/2012.

Manejo irrigação ¹	Estádio de desenvolvimento			
	V8	R1	R4	R9
	----- kg ha ⁻¹ -----			
Inundação	2119a	7510a	12190a	18681a
Saturado	1666b	5945b	11735a	17642b
20 kPa	783c	1802c	9221b	11491d
40 kPa / 20 kPa	806c	2866c	9662b	14051c
40 kPa	648c	2738c	6611c	11579d
CV (%)	9,7	16,5	10,8	12,2

¹Manejo da irrigação para o arroz - inundado: irrigação por inundação com manutenção de lâmina de água de cerca de 7,5 cm entre os estádios de quatro folhas (V4) e a maturação de colheita (R9); saturado: irrigação por inundação com manutenção do solo saturado de V4 a R9; 20 kPa: irrigação por aspersão sempre que a tensão de água no solo atingia 20 kPa; 40 kPa / 20 kPa: irrigação por aspersão sempre que a tensão de água no solo atingia 40 kPa e 20 kPa durante as fases vegetativa e reprodutiva, respectivamente; e 40 kPa: irrigação por aspersão quando a tensão de água no solo atingia 40 kPa.

Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey (5%).

Na colheita, a produção de matéria seca da parte aérea das plantas de arroz irrigadas por aspersão foi, em média, 32% menor que nos manejos com inundação do solo. Esse percentual médio de redução também foi verificado para a produtividade de grãos (Tabela 2), demonstrando que o sistema de irrigação por aspersão restringiu o desempenho produtivo do arroz. A avaliação do desempenho global da cultura indica que esse efeito esteve associado a componentes diretos, ou seja, os manejos da água praticados para o arroz irrigado por aspersão não suprimiram integralmente a demanda hídrica da cultura, e indiretos, principalmente a interação do manejo da irrigação por aspersão ao manejo da adubação, de plantas daninhas e de doenças.

Tabela 2. Produção de matéria seca dos colmos e folhas e dos grãos de arroz na maturação, em função do manejo da irrigação. Embrapa Clima Temperado, Capão do Leão, RS. Safra 2011/2012.

Manejo irrigação ¹	Produção de matéria seca	
	Colmos e folhas	Grãos
	----- kg ha ⁻¹ -----	
Inundação	8431a	10250a
Saturado	7896b	9745b
20 kPa	7188c	4303d
40 kPa / 20 kPa	8116ab	5936c
40 kPa	7196c	4383d
CV (%)	3,3	3,2

¹Manejo da irrigação para o arroz - inundado: irrigação por inundação com manutenção de lâmina de água de cerca de 7,5 cm entre os estádios de quatro folhas (V4) e a maturação de colheita (R9); saturado: irrigação por inundação com manutenção do solo saturado de V4 a R9; 20 kPa: irrigação por aspersão sempre que a tensão de água no solo atingia 20 kPa; 40 kPa / 20 kPa: irrigação por aspersão sempre que a tensão de água no solo atingia 40 kPa e 20 kPa durante as fases vegetativa e reprodutiva, respectivamente; e 40 kPa: irrigação por aspersão quando a tensão de água no solo atingia 40 kPa.

Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey (5%).

Em todas as épocas de avaliação, a concentração de nitrogênio no tecido vegetal de arroz foi influenciada pelo sistema de irrigação/

manejo da água (Tabela 3). Os tratamentos com irrigação por aspersão apresentaram maior conteúdo de nitrogênio que aqueles irrigados por inundação. Atribui-se este resultado ao efeito de diluição decorrente do maior crescimento e produção do arroz irrigado por inundação, relativamente ao arroz irrigado por aspersão. A análise dos dados da Tabela 3 mostra, ainda, redução na concentração de nitrogênio na matéria seca do arroz com o avanço nos estádios de desenvolvimento da cultura, fato que também está associado ao crescimento da planta, proporcionando diluição do conteúdo de nutrientes no tecido vegetal.

Tabela 3. Teor de nitrogênio na parte aérea das plantas de arroz em função do manejo da irrigação. Avaliações realizadas nos estádios de oito folhas (V8), diferenciação da panícula (R1); antese (R4) e maturação de colheita (R9). Embrapa Clima Temperado. Capão do Leão, RS. Safra 2011/2012.

Manejo irrigação ¹	Estádio de desenvolvimento				
	V8	R1	R4	R9 Colmosefolhas	R9 grãos
	----- g kg ⁻¹ -----				
Inundação	27,6b	16,1b	9,4bc	5,8b	9,3ab
Saturado	28,9b	14,7b	8,5c	4,6b	8,8 b
20 kPa	41,8a	24,8a	10,0b	9,2a	9,9a
40 kPa / 20 kPa	39,5a	24,0a	11,6a	8,1a	9,4a
40 kPa	42,9a	20,7ab	11,6a	8,4a	10,1a
CV (%)	5,2	4,7	5,2	8,9	7,8

¹Manejo da irrigação para o arroz - inundado: irrigação por inundação com manutenção de lâmina de água de cerca de 7,5 cm entre os estádios de quatro folhas (V4) e a maturação de colheita (R9); saturado: irrigação por inundação com manutenção do solo saturado de V4 a R9; 20 kPa: irrigação por aspersão sempre que a tensão de água no solo atingia 20 kPa; 40 kPa / 20 kPa: irrigação por aspersão sempre que a tensão de água no solo atingia 40 kPa e 20 kPa durante as fases vegetativa e reprodutiva, respectivamente; e 40 kPa: irrigação por aspersão quando a tensão de água no solo atingia 40 kPa.

Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey (5%).

Os valores de concentração de nitrogênio no tecido vegetal do arroz, independentemente do estágio de desenvolvimento da cultura e do manejo da água, atingiram níveis bastante próximos aos considerados satisfatórios para garantir o crescimento e desenvolvimento da planta de arroz (GUINDO et al., 1994). À semelhança do que se verificou para o teor de nitrogênio no tecido vegetal, a absorção do nutriente nitrogênio pelo arroz foi significativamente influenciada pelo sistema de irrigação / manejo da água (Tabela 4). O manejo da irrigação por inundação proporcionou maior absorção e acumulação de nitrogênio na matéria seca da parte aérea do arroz, relativamente aos manejos com irrigação por aspersão. Esse efeito foi mais pronunciado até o início da floração (antese - estágio R4), sendo as diferenças menores por ocasião da maturação (estádio R9).

Explica-se esse comportamento pelas variações nas taxas de absorção do nutriente ao longo do ciclo de cultivo, que foram aproximadamente constantes nos tratamentos com irrigação por aspersão e maiores no período compreendido entre o final do perfilhamento (estádio V8) e a diferenciação da panícula (estádio R1), para o arroz irrigado por inundação (Figura 1). Entre os tratamentos irrigados por inundação destacou-se aquele com manutenção de lâmina de água que, independentemente da fase de desenvolvimento da cultura, proporcionou maior absorção de nitrogênio.

Tabela 4. Nitrogênio acumulado na parte aérea das plantas de arroz em diferentes estádios de desenvolvimento, em função do manejo da irrigação. Embrapa Clima Temperado. Capão do Leão, RS. Safra 2011/2012.

Manejo irrigação ¹	V8	R1	R4	R9
----- kg ha ⁻¹ -----				
Inundação	58a	112a	115a	144a
Saturado	48a	87ab	100ab	122ab
20 kPa	33b	44cd	92ab	109b
40 kPa / 20 kPa	32b	70bc	113a	121ab
40 kPa	28b	56cd	77b	105b
CV (%)	14,3	17,3	15,3	12,7

¹Manejo da irrigação para o arroz - inundado: irrigação por inundação com manutenção de lâmina de água de cerca de 7,5 cm entre os estádios de quatro folhas (V4) e a maturação de colheita (R9); saturado: irrigação por inundação com manutenção do solo saturado de V4 a R9; 20 kPa: irrigação por aspersão sempre que a tensão de água no solo atingia 20 kPa; 40 kPa / 20 kPa: irrigação por aspersão sempre que a tensão de água no solo atingia 40 kPa e 20 kPa durante as fases vegetativa e reprodutiva, respectivamente; e 40 kPa: irrigação por aspersão quando a tensão de água no solo atingia 40 kPa.

Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey (5%).

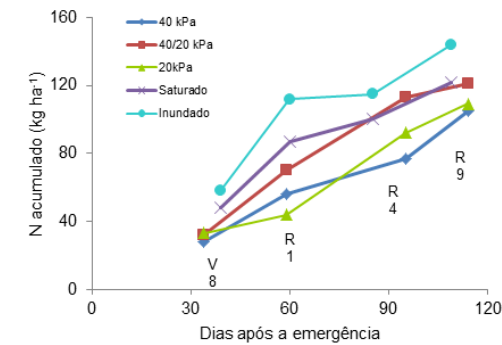


Figura 1. Nitrogênio acumulado na parte aérea das plantas de arroz em diferentes estádios de desenvolvimento, em função do manejo da

irrigação: inundado - irrigação por inundação com manutenção de lâmina de água de cerca de 7,5 cm entre os estádios de quatro folhas (V4) e a maturação de colheita (R9)]; saturado: irrigação por inundação com manutenção do solo saturado de V4 a R9; 20 kPa: irrigação por aspersão sempre que a tensão de água no solo atingia 20 kPa; 40 kPa / 20 kPa: irrigação por aspersão sempre que a tensão de água no solo atingia 40 kPa e 20 kPa durante as fases vegetativa e reprodutiva, respectivamente; e 40 kPa: irrigação por aspersão quando a tensão de água no solo atingia 40 kPa). Embrapa Clima Temperado. Capão do Leão, RS. Safra 2011/2012.

Ressalta-se que, durante a maior parte do período de cultivo do arroz (safra 2011/2012), prevaleceram condições de baixa precipitação (total de 314 mm) e temperaturas bastante elevadas, sendo necessárias irrigações frequentes, totalizando 522 mm; 450 mm; e 444 mm, para os tratamentos com manutenção de tensão de água no solo de 20 kPa; 40/20 kPa; e 40 kPa, respectivamente. As condições de seca podem ter causado estresse hídrico e, conseqüentemente, afetado a absorção de nitrogênio pelo arroz sob manejo da irrigação por aspersão. Acrescenta-se que o nitrogênio aplicado ao arroz irrigado por aspersão, particularmente na primeira adubação em cobertura, está mais sujeito a perdas por desnitrificação e/ou volatilização de amônia, relativamente ao arroz irrigado por inundação do solo.

Como as variações nos teores de nitrogênio na planta de arroz foram menores entre os tratamentos de manejo da água, as reduções na absorção do nutriente estiveram associadas, preponderantemente, à redução na produção de matéria seca no arroz irrigado por aspersão (BEYROUTY et al., 1994), que à deficiência de nitrogênio no solo. Segundo Sims e Place (1968), a absorção de nitrogênio pelo arroz irrigado por inundação do solo está intimamente associada à produção de matéria seca da cultura.

Conclusões

A irrigação por inundação, particularmente com manutenção de lâmina de água, condiciona maior produção das plantas de arroz, quando comparada à irrigação por aspersão.

Para o arroz irrigado por aspersão, o manejo da água deve ser diferenciado nas fases vegetativa e reprodutiva, com maior suprimento na fase reprodutiva, quando a demanda hídrica da cultura é mais alta.

O sistema de irrigação/manejo da água influencia a absorção e acumulação de nitrogênio no arroz. As variações estão associadas, preponderantemente, à produção de matéria seca da cultura.

Referências

BEYROUTY, C. A.; GRIGG, B. C.; NORMAN, R. J.; WELLS, B. R. Nutrient uptake by rice in response to water management. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 17, p. 39-55, 1994.

CONCENÇO, G.; LARUE, J. L.; MELO, V.; ROLFES, C. R.; KIEP, B. L.; LOPES, M. B. Análise de custos variáveis em lavouras de arroz em sistema de rotação no Sul do Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO , 6.; REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 28., 2009, Porto Alegre, RS. **Anais...** Porto Alegre: IRGA, 2009a. CD-ROM.

CONCENÇO, G.; BATALHA, B. R.; LARUE, J. L.; GALON, L.; TIRONI, S. P.; MANTOVANI, E. C.; ROLFES, C. R.; SILVA, A. A. Eficiência do uso da água na produção de arroz sob irrigação mecanizada ou inundação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO , 6.; REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 28., 2009, Porto Alegre, RS. **Anais...** Porto Alegre: IRGA, 2009b. CD-ROM.

COUNCE, P. A.; KEISLING, T. C.; MITCHELL, A. J. A uniform, objective, and adaptive system for expressing rice development. **Crop Science**, Madison, v. 40, p. 436-443, 2000.

FILLERY, I.R.P.; SIMPSON, J.R.; DE DATTA, S.K. Influence of field environment and fertilizer management on ammonia loss from flooded rice. **Soil Science Society of America Journal**, v. 48, p. 914-920, 1984.

FREIRE, C. J. da S. **Manual de métodos de análise de tecido vegetal, solo e calcário**. 2. ed. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2001. 201 p.

GOMES, A. da S.; PAULETTO, E. A.; FRANZ, A. F. H. Uso e manejo da água em arroz irrigado. In: GOMES, A. da S.; MAGALHÃES JÚNIOR, A. M. de. (Eds.). **Arroz irrigado no Sul do Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2004. p. 417-455.

GOMES, A. da S.; PETRINI, J. A.; SCIVITTARO, W. B.; FERREIRA, L. E. G.; KABKE, R.; CHIARELO, C.; SANTOS, L. O. dos; PIMENTA, R. P.; HANNEMANN, M. A.; OSSANES, L. da S. Estratégias para o aumento da eficiência do uso da água pelo arroz: efeito de sistemas alternativos de irrigação. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 18., 2008, São Mateus. **Anais...** São Mateus: ABID, 2008a. 1 CD-ROM.

GOMES, A. da S.; SCIVITTARO, W. B.; PETRINI, J. A.; FERREIRA, L. E. G. **A água: distribuição, regulamentação e uso na agricultura com ênfase ao arroz irrigado**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2008b. 44 p. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 205).

GUINDO, D.; NORMAN, R J.; WELLS, B.R. Accumulation of fertilizer nitrogen-15 by rice at different stages of development. **Soil Science Society of America Journal**, vo. 58, p. 410-415, 1994.

INSTITUTO RIOGRANDENSE DO ARROZ. **Dados de safra**. Disponível em: <http://www.irga.rs.gov.br/dados.htm>. Acesso em: 23 ago. 2010.

PARFITT, J. M. B.; PINTO, M. A. B.; TIMM, J. C.; BAMBERG, A. L.; SILVA, D. M. da; BRETANHA, G. Manejo da irrigação por aspersão e desempenho da cultura do arroz. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 7., 2011., Balneário Camboriú, SC. **Anais...** Itajaí: Epagri; Sosbai, 2011. v. 2, p. 461-464.

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; OLIVEIRA, J. B. de; COELHO, M. R.; LUMBRERAS, J. F.; CUNHA, T. J. F. (Ed.). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.

SCIVITTARO, W. B.; GONÇALVES, D. R. N. **Absorção de nutrientes pelo arroz irrigado**: influência da altura da lâmina de água. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2011. 27 p. (Embrapa Clima Temperado. Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 154)

SIMS, J. L.; PLACE, G. A. Growth and nutrient uptake of rice at different stages and nitrogen levels. **Agronomy Journal**, v. 60, p. 692-698, 1968.

SLATON, N.A.; NORMAN, R.J.; WELLS, B.R.; MILLER, D.M.; HELMS, R.S.; BEYROUTY, C.A. & WILSON JUNIOR, C.E. Efficient use of fertilizer. In: HELMS, R. S. (Ed.). **Rice production handbook**. Little Rock: University of Arkansas, 1994. p.42-54. (Miscellany Publication, 192).

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. Comissão de Química e Fertilidade do Solo. **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 10. ed. Porto Alegre, 2004. 400 p.

SOCIEDADE SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO. **Arroz irrigado**: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil. Itajaí: SOSBAI, 2012. 179 p.

SOCIEDADE SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO. **Arroz irrigado**: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil. Porto Alegre: SOSBAI, 2010. 188 p.

VAHL, L. C.; SOUSA, R. O. de. Aspectos físico-químicos de solos alagados. In: GOMES, A. da S.; MAGALHÃES JÚNIOR, A. M. de. (Eds.). **Arroz irrigado no Sul do Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2004. p. 97-118.



Clima Temperado

Ministério da
**Agricultura, Pecuária
e Abastecimento**



CGPE 10604